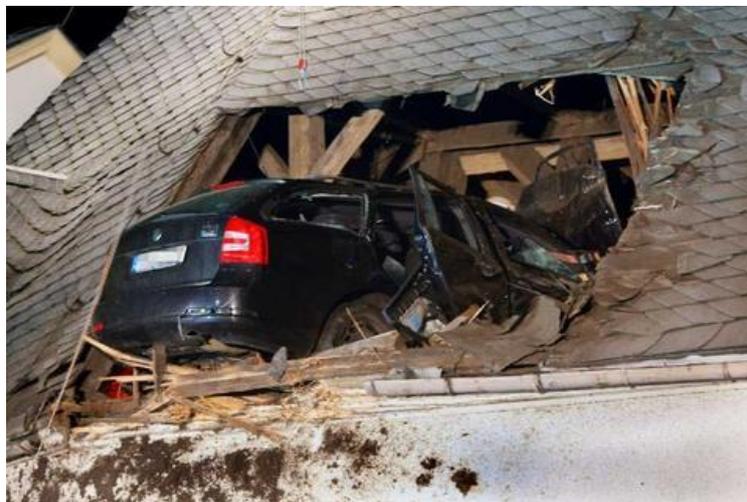


# Dresig, H.; Schreiber, U.: Flug ins Kirchendach

## 1. Einleitung und Ausgangssituation

Am 26.01.2009 ereignete sich im sächsischen Limbach-Oberfrohna ein spektakulärer Unfall eines PKWs. Der Fahrzeugführer wollte mit seinem Skoda Octavia innerorts an einer Kreuzung abbiegen. Stattdessen fuhr er aufgrund überhöhter Geschwindigkeit geradeaus und durchbrach einen Begrenzungszaun. Eine dahinter gelegene kurze Grasböschung wirkte für den PKW als Sprungschance und katapultierte das Fahrzeug in die Höhe. In einer Entfernung von ca. 35 m schlug es in ca. 7 m Höhe im Dach der Stadtkirche ein und blieb dort stecken (Bild 1). Der erheblich alkoholisierte Fahrer überlebte den Unfall schwer verletzt.



**Bild 1:** Fahrzeug im Kirchendach (Quelle: Haertelpress)

Das folgende Bild zeigt die Absprungböschung im Vordergrund und die Einschlagstelle im Dach im Kirchendach. Deutlich erkennbar sind die beiden Reifenspuren, welche das Fahrzeug vor dem Absprung auf der Böschung hinterlassen hat.



**Bild 2:** Absprungböschung und Einschlagstelle in Kirche (Quelle: Haertelpress)

Der „Flug auf das Kirchendach“ wird in mehreren Publikationen als mysteriös und physikalisch schwer erklärbar dargestellt. Im offiziellen Gerichtsgutachten wird die Geschwindigkeit des Fahrzeuges vor dem Unfall mit 139 km/h angegeben (vgl. [1]). Es ist jedoch bereits mit geringeren Fahrgeschwindigkeiten ohne weiteres möglich, den „Flug“ in Kirchendach unter Berücksichtigung der Elastizitäten der Räder und Radaufhängungen zu erklären. Die elastische Radaufhängung eines PKW wirkt bei der Auffahrt auf die Böschung wie die Federung eines Trampolins beim Springen. Denselben Effekt nutzt der Skispringer, denn beim Skifliegen ist die Flugweite u.a. von der Sprungkraft des Skispringers beim Verlassen der Schanze (und nicht einfach vom Endwinkel der Sprungschanze) abhängig.

Das Fahrzeug verlässt die Böschung nicht in Richtung des Böschungswinkels  $\beta = 18^\circ$ , sondern es hebt infolge der federnden Räder viel steiler in Richtung des Abflugwinkels  $\alpha > \beta$  ab. Auf diesen Zusammenhang hat bereits Prof. Dresig mit einem einfachen Berechnungsmodell im März 2009 auf seiner Homepage (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und in der Korrespondenz mit der „Freien Presse“ ([3]) hingewiesen. Er gab dafür die Näherungsformel  $\tan \alpha = 2 \tan \beta$  an, womit sich für den gegebenen Böschungswinkel ein Abflugwinkel von  $33^\circ$  ergibt. In diesem Zusammenhang wurde dargelegt, dass man für die Fahrgeschwindigkeit falsche Ergebnisse erhält, wenn man zur Erklärung der „Flugdaten“ annimmt, dass der Absprungwinkel  $\alpha$  gleich dem Böschungswinkel  $\beta$  ist.

Nachdem das Fahrzeug die Böschung verlassen hat, entspricht seine weitere Bewegung bis ins Kirchendach näherungsweise einem freien schrägen Wurf (z.B. keine Berücksichtigung der Fahrzeugaerodynamik).

Im Presseartikel der „Freien Presse“ vom 14.02.2009 ([2]) wurden durch den Physiker Günther Beddies die Formeln für den schrägen Wurf angegeben. Diese wurden bezüglich der Notation an das Simulationsmodell angepasst (z-Koordinate entspricht y-Koordinate im Presseartikel [2]) und um die Absprunghöhe des Fahrzeugschwerpunktes  $h_0$  (Anfangshöhe des Wurfes) erweitert.

In der x-z-Ebene (x-Richtung horizontal, z-Richtung vertikal) gilt für einen schrägen Wurf (Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  wirkt in negativer z-Richtung) folgende Gleichung:

$$z = \tan(\alpha)x - \frac{g x^2}{2v_0^2 (\cos \alpha)^2} + h_0$$

Für die Abfluggeschwindigkeit  $v_0$  folgt daraus:

$$v_0 = \sqrt{\frac{g x^2}{2(\cos \alpha)^2 * (x \tan \alpha - z + h_0)}}$$

Für die bekannten Angaben (horizontale Flugweite  $x = 35 \text{ m}$ , vertikale Flughöhe  $z = 7.1 \text{ m}$ , Absprunghöhe des Fahrzeugschwerpunktes  $h_0 = 0.5 \text{ m}$ ) erhält man bei einem Abflugwinkel gleich dem Böschungswinkels d.h.  $\alpha = \beta = 18^\circ$  eine Abfluggeschwindigkeit  $v_0 = 134 \text{ km/h}$ . Ist dagegen der Absprungwinkel  $\alpha = 35^\circ$ , beträgt die Abfluggeschwindigkeit  $v_0$  nur  $81 \text{ km/h}$ .

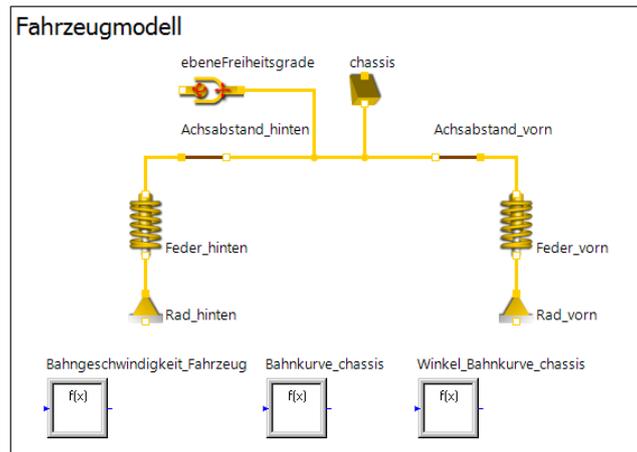
Der Einfluss der Fahrzeugfederung auf den Absprungwinkel  $\alpha$  und damit auf die nötige Geschwindigkeit wird nachfolgend mit einem geeigneten Simulationsmodell gezeigt und diskutiert.

## 2. Modellierung

### 2.1. Modellstruktur

Das Simulationsmodell wurde mit der Software SimulationX® [4] der Firma ITI GmbH erstellt und ermöglicht die komplette Darstellung des zeitlichen Ablaufes des Sprunges vom Aufprall auf die Bordsteinkante bis zum Einschlag im Kirchendach.

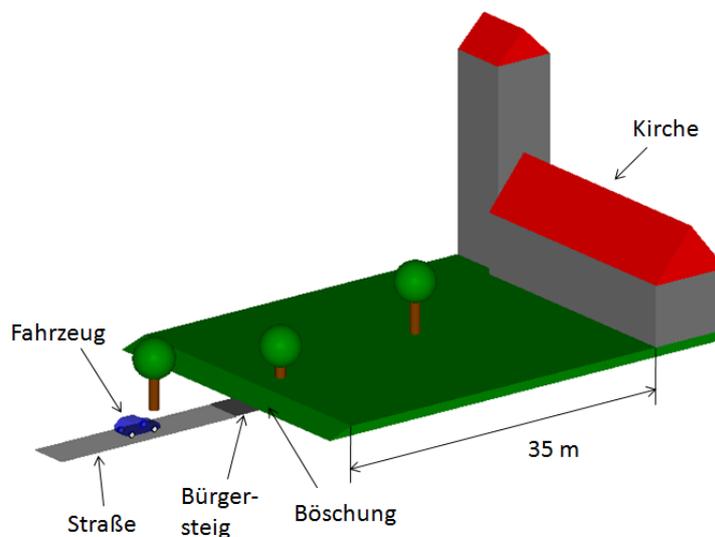
Es wurde als 2D-Modell mit Elementen der MKS-Bibliothek aus SimulationX erstellt. Bild 3 zeigt das Teilmodell der Fahrzeugmodellierung. Es besteht aus einem Starrkörper, welcher das Fahrzeugchassis darstellt. Zwei angekoppelte Federn modellieren die vordere und hintere Fahrzeugfederung.



**Bild 3:** Fahrzeugmodell

Das Profil des Untergrundes, auf welchem das Fahrzeug fährt, wird mit einer Kennlinie vorgeben.

Eine 3D-Visualisierung des Modells zeigt Bild 4.



**Bild 4:** Visualisierung des Modells

## 2.2. Modellparameter

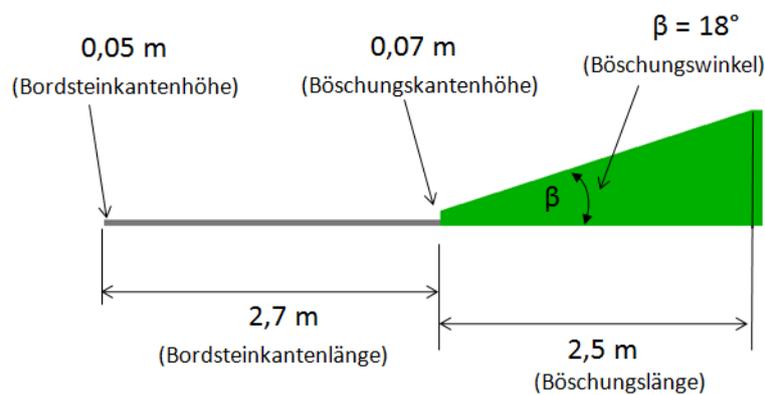
Die folgende Tabelle listet alle gewählten Fahrzeugparameter auf:

Parameter	Wert	Einheit	Bemerkung
Fahrzeugmasse	1550	kg	Skoda Octavia RS +Beladung
Drehträgheit um Fahrzeugquerachse	2600	kgm <sup>2</sup>	Näherung
Fahrzeuggeschwindigkeit	85	km/h	Vorgabe

Abstand Fahrzeugschwerpunkt- Hinterachse	1,3	m	Annahme
Abstand Fahrzeugschwerpunkt- Vorderachse	1,3	m	Annahme
Schwerpunkthöhe	0,51	m	Annahme
Steifigkeit Fahrzeugfedern	5e5	N/m	Annahme
Dämpfung Fahrzeugfedern	1e3	Ns/m	Annahme

**Tabelle 1:** Fahrzeugparameter

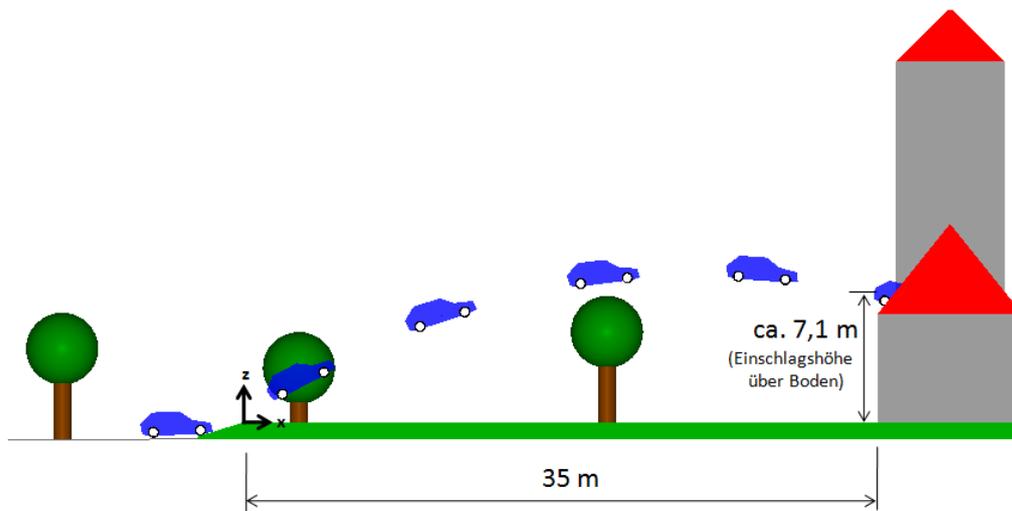
Die Geometrie des Bürgersteiges mit Kanten und der Böschungsrampe ist in Bild 5 dargestellt.



**Bild 5:** Böschungs- und Bürgersteiggeometrie

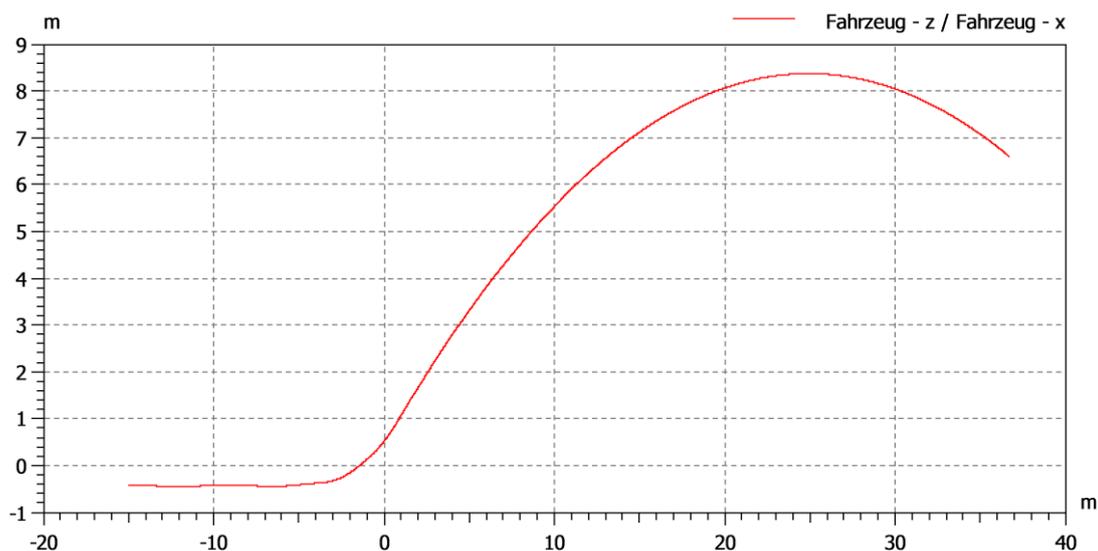
### 3. Ergebnisse

Bereits bei einer Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges von 85 km/h vollführt das Fahrzeug einen Sprung, welcher am unteren Ende des Kirchendaches endet. Bild 6 zeigt das Fahrzeug in mehreren Flugphasen und verdeutlicht seine Flugbahn.



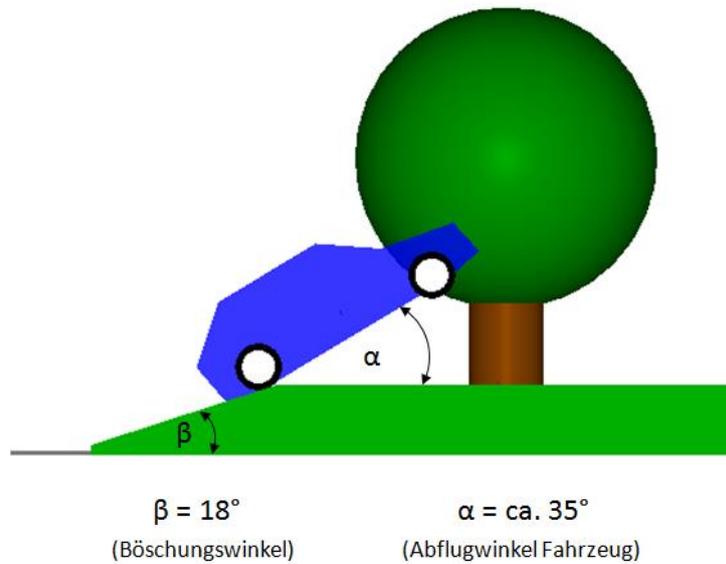
**Bild 6:** Fahrzeugflug ins Kirchendach

Die Bahnkurve des Fahrzeugschwerpunktes zeigt Bild 7, wobei die Flughöhe hier auf die Böschungsoberkante bezogen angegeben ist (siehe eingezeichnetes x-z-Koordinatensystem in Bild 6). Bei  $x = 0$  m verlässt das Fahrzeug die Böschung, wobei die Anfangshöhe beim Absprung ca. 0,5 m beträgt (entspricht dem Wert  $h_0$  in Kapitel 1). Nach einem Flug über 35 m schlägt es in einer Höhe von ca. 7,1 m im Dach der Kirche ein. Die maximale Höhe während des Fluges über dem Boden beträgt 8,4 m.



**Bild 7:** Bahnkurve – Fahrzeugschwerpunkt

Der Absprungwinkel ist während der Simulation mit ca.  $35^\circ$  deutlich größer als der Böschungswinkel aufgrund der in Kapitel 1 beschriebenen Wirkung der Fahrzeugfederung. Bild 8 zeigt das Fahrzeug beim Verlassen der Böschung und die beiden Winkel.



**Bild 8:** Absprungwinkel versus Böschungswinkel

Die Abfluggeschwindigkeit des Fahrzeugs beträgt 81 km/h. Die geringe Differenz zur anfänglichen Fahrgeschwindigkeit von 85 km/h wird durch das Überfahren der Bordsteinkante verursacht.

## 4. Zusammenfassung

Das Simulationsmodell zeigt, dass der „Flug ins Kirchendach“ von Limbach-Oberfrohna bereits mit einer Geschwindigkeit von ca. 85 km/h durchführbar ist. Aufgrund der Wirkung der Fahrzeugfederung ergibt sich ein Absprungwinkel  $\alpha = 35^\circ$ , welcher damit deutlich größer als der Böschungswinkel  $\beta = 18^\circ$  ist. Die Aussagen des Modells (vgl. andere Analyse auf dieser homepage mit  $f = 1$ ) konnten bestätigt werden. Das Modell berücksichtigt keine Energieverluste des Fahrzeuges beim Überfahren der Böschung (z.B. durch Elastizität des Erdbodens; Erdabtragung wie in Bild 2 erkennbar o.ä.).

Die gerade Flugbahn, wie in Bild 6 dargestellt, wird von einer Vielzahl von Parametern, wie z.B. Bürgersteig- und Böschungsgeometrie, Fahrzeugmasse, Lage des Fahrzeugschwerpunktes, Fahrzeugdrehträgheiten und einigen weiteren beeinflusst. Bei vielen Varianten von Parameterkombinationen kommt es zu Drehbewegungen um die Fahrzeugquerachse („Überschlag“) während des Fluges. Diese Überschläge traten auch bei einer Reproduktion des Fluges mit einem Modellauto in der deutschen Unterhaltungssendung „Galileo“ ([5]) auf. Das Modellauto besitzt eine vom realen PKW deutlich abweichende Masseverteilung, Schwerpunktlage und Federcharakteristik, sodass diese Sprungversuche das reale Geschehen nicht nachbilden können. In der Sendung wurden ebenfalls Sprungversuche mit realen Fahrzeugen und einer aufgeschütteten Kiesrampe unternommen. Diese Versuche waren ebenfalls nicht erfolgreich, da einige Parameter wie z.B. die Steifigkeits- bzw. Verformungseigenschaften des Rampenbodens nicht richtig reproduziert werden konnten.

Das Simulationsmodell und diese realen Sprungversuche zeigen sehr deutlich, dass der Fahrer des Unglücksfahrzeuges sehr großes Glück hatte, dass sein Flug ohne Überschlag und in ausreichender Höhe im Kirchendach endete. Wie Parameterstudien zeigen, verändert schon eine kleine Variation einiger Parameter die Flugbahn entscheidend, was z.B. zu einer anderen Flughöhe und einem Einschlag des Fahrzeuges in der massiven Kirchenmauer oder zu einem Überschlag des Fahrzeugs führt. Dies kann der Leser selbst ausprobieren, indem er sich das Simulationsmodell und die Studentenversion von SimulationX® von der Website der ITI GmbH herunterlädt ([4]).

### Quellen

- [1] N.N.: Presseartikel „Der Skoda in der Stadtkirche, Mit 139 km/h ins Kirchendach“. Zitat der Sprecherhin der Staatsanwaltschaft Zwickau Aus „Freie Presse“, 31.03.2009
- [2] N.N.: Presseartikel „Kuriositäten nach dem Unfall an der Stadtkirche“. „Freie Presse“, 14./15.02.2009
- [3] N.N.: Presseartikel „Auto-Flug in Physiklehrbuch?“. „Freie Presse“, 24.02.2009
- [4] ITI GmbH: [www.simulationx.com](http://www.simulationx.com)
- [5] Fernsehmagazin „Galileo“: Ausstrahlung vom 18.01.2010, abrufbar unter: : <http://www.prosieben.de/video/galileo-18-januar-2010-1.1340309/>